

**0.1. Шпак А.Н., Голуб М.В., Глинкова С.А. Моделирование распространения упругих волн, возбуждаемых пьезоэлектрическим преобразователем в протяженной тонкостенной конструкции**

Системы мониторинга целостности конструкций, основанные на использовании бегущих волн, имеют большой потенциал в задачах оценки исправности протяжённых конструкций. Для возбуждения и измерения бегущих волн используются пьезоэлектрические преобразователи различных типов, что допускает автоматическое тестирование инспектируемой конструкции согласно утверждённому графику. Тем не менее, внедрение акустических систем мониторинга в производство требует предварительной оценки надежности таких систем. Для этого проводится расчет вероятности обнаружения дефектов желаемого размера в любом инспектируемом месте. Создание карт вероятности обнаружения невозможно только экспериментальными методами, в связи с этим, стоит задача развить методы расчёта таких карт на основе теоретических расчетов, единожды подкрепленных экспериментальными исследованиями. Для решения этой задачи необходимо создание полной и достоверной трехмерной математической модели, описывающей процессы возбуждения и измерения бегущих волн пьезоэлектрическими преобразователями.

Чтобы сохранить скорость вычислений полуаналитических методов с точностью моделирования, гарантированной сеточными методами, авторами развивается гибридный подход, основанный на комбинации метода спектральных элементов для описания динамического поведения пьезоэлектрических преобразователей и метода граничных интегральных уравнений для описания распространения упругих волн в протяженной тонкостенной конструкции. Такой подход позволяет моделировать волноводы с востребованными свойствами, например композиты, при этом учитывать сложную геометрию пьезоэлектрических преобразователей. Для ускорения расчетов при моделировании преобразователя с загнутым электродом используется неравномерное распределение конечных элементов. Решается связанная задача на основе условия непрерывности перемещений и напряжений в области контакта между преобразователем и волноводом, в двумерном случае решение этой задачи описано в статье [1]. Рассматриваются различные граничные условия для моделирования как возбуждения, так и измерения бегущих волн. Производится оценка сходимости решения, результаты моделирования сравниваются с расчетами в коммерческом конечноэлементном пакете COMSOL Multiphysics, а в двумерном случае – с экспериментальными данными.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации (грант МК-*

*470.2020.1).*

**Список литературы**

- [1] GOLUB M.V., SHPAK A.N. Semi-analytical hybrid approach for the simulation of layered waveguide with a partially debonded piezoelectric structure // Applied Mathematical Modelling. 2019. Vol. 65. P. 234–255.